

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 2002-025895

(43) Date of publication of application : 25.01.2002

(51) Int.Cl.

H01L 21/027  
G03F 7/20

(21) Application number : 2000-207333

(71) Applicant : TOSHIBA CORP

(22) Date of filing : 07.07.2000

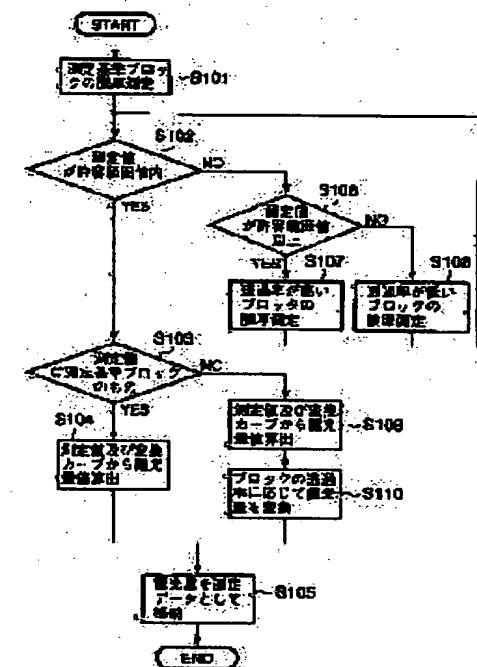
(72) Inventor : DEWA KYOKO  
INOUE SOICHI

## (54) EXPOSURE MEASUREMENT METHOD AND EXPOSURE MEASUREMENT DEVICE

### (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To continuously and accurately measure exposure, independently of focusing.

**SOLUTION:** This method is provided with a measurement step S101, for measuring a physical quantity corresponding to the film thickness of resist on a wafer corresponding to a specified mask pattern, a comparison step S102 for comparing the physical quantity measured in the measurement step with a preset setting range value, a step S104 for measuring an effective exposure on the wafer, based on the relation of the physical quantity and the exposure obtained beforehand, when the measured physical quantity is within the setting range value, re-measurement steps S107 and S108 for measuring the physical quantity, corresponding to the film thickness of the resist corresponding to the mask pattern of a kind different from the mask pattern corresponding to the resist used for measurement, in the case that the physical quantity measured in the measurement step lies outside of the set range value, and the steps S109 and S110 for measuring the effective exposure on the wafer, based on the relation of the physical quantity and the exposure obtained beforehand, when the measured physical quantity is within the set range value.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-25895

(P2002-25895A)

(43)公開日 平成14年1月25日 (2002.1.25)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

H 01 L 21/027

G 03 F 7/20

識別記号

5 2 1

F I

G 03 F 7/20

H 01 L 21/30

テ-73-ト<sup>8</sup> (参考)

5 2 1 5 F 0 4 6

5 1 6 D

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2000-207333(P2000-207333)

(22)出願日 平成12年7月7日 (2000.7.7)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72)発明者 出羽 恵子

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72)発明者 井上 壮一

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(74)代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

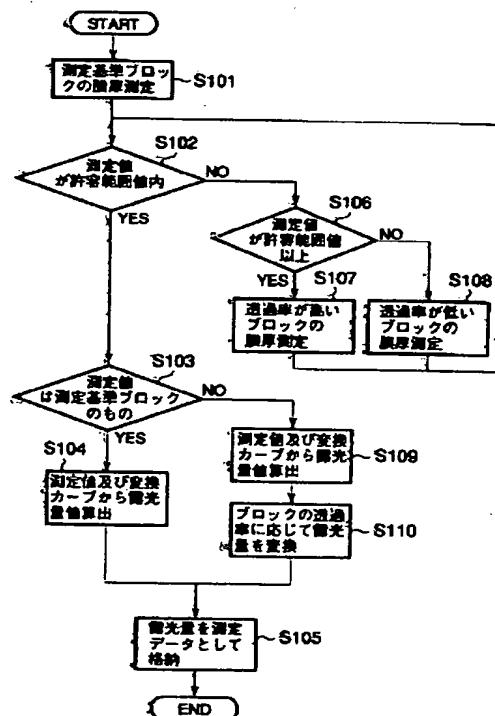
F ターム(参考) 5F046 AA18 AA25 BA04 DA02 JA04  
JA22 LA18 PA01

(54)【発明の名称】 露光量測定方法及び露光量測定装置

(57)【要約】

【課題】 フォーカスに依存しない露光量を連続的、且つ正確に測定する。

【解決手段】 特定のマスクパターンに対応するウェハ上のレジストの膜厚に対応する物理量を測定する測定ステップS101と、この測定ステップで測定された物理量と予め設定された設定範囲値とを比較する比較ステップS102と、測定された物理量が設定範囲値内の場合、求められた物理量と露光量との関係に基づいてウェハ上の実効的な露光量を測定するステップS104と、測定ステップで測定された物理量が設定範囲値外の場合、測定に用いたレジストに対応するマスクパターンと異なる種類のマスクパターンに対応するレジストの膜厚に応じた物理量を測定する再測定ステップS107、S108と、測定された物理量が設定範囲値内の場合、求められた物理量と露光量との関係に基づいて、ウェハ上の実効的な露光量を測定するステップS109、110とを含む。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】マスクパターンが形成されたマスクを、露光波長 $\lambda$ 、ウェハ側開口数NA、照明のコヒーレンスファクタ $\sigma$ 、ウェハ上のパターンに対するマスクパターンの倍率Mなる露光装置にセットし、ウェハ上に塗布されたレジストにマスクパターンを露光し、該マスクパターンに対応するウェハ上のレジストの状態を観察することにより、ウェハ上の実効的な露光量を測定する露光量測定方法であって、

前記マスクパターンは周期 $p$ にて透光部と遮光部が繰り返されたパターンであり、前記周期 $p$ が、

$$p/M \leq \lambda / (1 + \sigma) NA$$

を満たすように設定され、

前記ウェハ上のレジストのレジストの膜厚に応じた物理量を測定するステップと、

測定された物理量と、予め求められた前記レジストの膜厚に応じた物理量と露光量との関係に基づいて、前記ウェハ上の実効的な露光量を測定するステップとを含むことを特徴とする露光量測定方法。

【請求項 2】マスクパターンが形成されたマスクを、露光波長 $\lambda$ 、ウェハ側開口数NA、照明のコヒーレンスファクタ $\sigma$ 、ウェハ上のパターンに対するマスクパターンの倍率Mなる露光装置にセットし、ウェハ上に塗布されたレジストにマスクパターンを露光し、該マスクパターンに対応するウェハ上のレジストの状態を観察することにより、ウェハ上の実効的な露光量を測定する露光量測定方法であって、

前記マスクパターンは周期 $p$ にて透光部と遮光部が繰り返されたパターンであり、かつ透光部と遮光部の割合に応じて透過率が異なる複数種類が同一マスクに形成され、前記周期 $p$ が、

$$p/M \leq \lambda / (1 + \sigma) NA$$

を満たすように設定され、

特定のマスクパターンに対応する前記ウェハ上のレジストの膜厚に応じた物理量を測定する測定ステップと、この測定ステップで測定された物理量と予め設定された設定範囲値とを比較する比較ステップと、

この比較ステップにおける比較の結果、前記測定ステップで測定された物理量が前記設定範囲値内の場合、予め求められた物理量と露光量との関係に基づいて、測定された物理量に対応する前記ウェハ上の実効的な露光量を測定するステップと、

この比較ステップにおける比較の結果、前記測定ステップで測定された物理量が前記設定範囲値外の場合、前記測定に用いたレジストに対応するマスクパターンと異なる種類のマスクパターンに対応するレジストの膜厚に応じた物理量を測定する再測定ステップと、

この再測定ステップで測定された物理量が設定範囲値内の場合、予め求められた物理量と露光量との関係に基づいて、測定された物理量に対応する前記ウェハ上の実効的な露光量を測定するステップとを含むことを特徴とする露光量測定方法。

【請求項 3】前記再測定ステップにおいて、特定のマスクパターンに対応する前記ウェハ上の前記物理量が所定範囲値以上であった場合、測定されたレジストパターンに対応する特定のマスクパターンより透過率が高い種類のマスクパターンに対応するレジストの前記物理量を測定し、

特定のマスクパターンに対応する前記ウェハ上の前記物理量が所定範囲値以下であった場合、測定されたレジストパターンに対応する特定のマスクパターンより透過率が高い種類のマスクパターンに対応するレジストの前記物理量を測定することを特徴とする請求項 2 に記載の露光量測定方法。

【請求項 4】マスクパターンが形成されたマスクを、露光波長 $\lambda$ 、ウェハ側開口数NA、照明のコヒーレンスファクタ $\sigma$ 、ウェハ上のパターンに対するマスクパターンの倍率Mなる露光装置にセットし、ウェハ上に塗布されたレジストにマスクパターンを露光し、該マスクパターンに対応するウェハ上のレジストの状態を観察することにより、ウェハ上の実効的な露光量を測定する露光量測定装置であって、

前記マスクパターンは周期 $p$ にて透光部と遮光部が繰り返されたパターンであり、かつ透光部と遮光部の割合に応じて透過率が異なる複数種類が同一マスクに形成され、前記周期 $p$ が、

$$p/M \leq \lambda / (1 + \sigma) NA$$

を満たすように設定され、前記マスクパターンに対応するウェハ上のレジストの膜厚に応じた物理量を測定する測定部と、

この測定部により測定された物理量と、予め設定された設定範囲値とを比較する比較部と、

この比較部の比較の結果、前記物理量が前記設定範囲値外の場合、前記測定部に、前記測定に用いたレジストに対応するマスクパターンと異なる種類のマスクパターンに対応するレジストの膜厚に応じた物理量を測定させる制御部と、

前記測定部で測定された物理量が所定範囲値内の場合、予め求められた物理量と露光量との関係に基づいて、測定された物理量に対応する前記ウェハ上の実効的な露光量を算出する露光量算出部とを備してなることを特徴とする露光量測定装置。

【請求項 5】前記制御部は、特定のマスクパターンに対応する前記ウェハ上の前記物理量が所定範囲値以上であった場合、測定されたレジストパターンに対応する特定のマスクパターンより透過率が高い種類のマスクパターンに対応するレジストの前記物理量を測定させ、特定のマスクパターンに対応する前記ウェハ上の前記物理量が所定範囲値以下であった場合、測定されたレジ

トパターンに対応する特定のマスクパターンより透過率が低い種類のマスクパターンに対応するレジストの前記物理量を測定させることを特徴とする請求項4に記載の露光量測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マスクを用いた露光における露光量測定技術に係わり、特に投影露光装置を用いた光リソグラフィにおける露光量を測定するための露光量測定方法とそれを用いた露光量測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、LSIの最小寸法が光露光装置の限界解像力に近づき、光リソグラフィにおけるプロセスマージン（焦点深度、露光量余裕度）が十分に得られなくなってきた。そこで、これらのプロセスマージンを引き上げるために、位相シフトマスク（PSM）、変形照明などの様々な工夫がなされてきている。

【0003】その一方で、少ないプロセスマージンで光リソグラフィを行うために、プロセスマージンを消費する誤差の精密な分析と誤差配分（エラーバジェット）が重要視されてきている。例えば、ウェハ上に多数のチップを同じ設定露光量で露光したつもりでも、PEB、現像のウェハ面内不均一性、レジストのウェハ面内膜厚変動などが原因となって、実効的な適正露光量がばらつく。

【0004】従来、ウェハ面内の適正露光量変動を測定する場合には、露光装置におけるフォーカス、露光量の設定値を一定にしてウェハ面内にパターンを転写し、そのパターン寸法を測定し、パターン寸法から露光量に換算することによってウェハ面内露光量不均一性を求めていた。しかし、この方法では最終的に形成されたパターン寸法を測定することから、微妙なフォーカス変動の解像寸法への影響を除くことが不可能であった。また、寸法測定に膨大な時間を要していた。

【0005】フォーカスの変動を受けることなくウェハ面内の適正露光量変動を測定する技術が、特願平10-171345号公報に開示されている。解像限界以下のピッチ  $P \leq \lambda / (1 + \sigma) NA$  ( $P$  : ピッチ、 $\lambda$  : 露光波長、 $NA$  : ウェハ側開口数、 $\sigma$  : 照明のコヒーレンスファクタ) を有し、ライン幅に対するスペース幅の比が異なる複数のライン・アンド・スペース・パターンを含むマスクをレジスト膜に対して投影露光装置で露光し、現像する。ライン幅に対するスペース幅の比に応じて、透過率が変化し、露光量が変化する。各ライン・アンド・スペース・パターンに対応したレジストパターンが抜ける露光量を予め求めておく。そして、レジストパターンを観察し、レジストパターンが抜けたパターンに応じて露光量を決定する。

【0006】ところが、この方法で求められる露光量

は、レジストパターンが抜けたところで求めるので、離散的であり、精度が悪いという問題点があった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、従来のレジストパターンが抜けるパターンから測定される露光量は、離散的であり、精度が悪いという問題があった。

【0008】本発明の目的は、フォーカスの変動を受けることなく、露光量を連続的に、且つ正確に測定することができる露光量測定方法及び露光量測定装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】【構成】本発明は、上記目的を達成するために以下のように構成されている。

【0010】(1) 本発明（請求項1）に係わる露光量測定方法は、マスクパターンが形成されたマスクを、露光波長  $\lambda$ 、ウェハ側開口数  $NA$ 、照明のコヒーレンスファクタ  $\sigma$ 、ウェハ上のパターンに対するマスクパターンの倍率  $M$  なる露光装置にセットし、ウェハ上に塗布されたレジストにマスクパターンを露光し、該マスクパターンに対応するウェハ上のレジストの状態を観察することにより、ウェハ上の実効的な露光量を測定する露光量測定方法であって、前記マスクパターンは周期  $p$  にて透光部と遮光部が繰り返されたパターンであり、前記周期  $p$  が、 $p / M \leq \lambda / (1 + \sigma) NA$  を満たすように設定され、前記ウェハ上のレジストのレジストの膜厚に応じた物理量を測定するステップと、測定された物理量と、予め求められた前記レジストの膜厚に応じた物理量と露光量との関係とに基づいて、前記ウェハ上の実効的な露光量を測定するステップとを含む。

【0011】(2) 本発明（請求項2）に係わる露光量測定方法は、マスクパターンが形成されたマスクを、露光波長  $\lambda$ 、ウェハ側開口数  $NA$ 、照明のコヒーレンスファクタ  $\sigma$ 、ウェハ上のパターンに対するマスクパターンの倍率  $M$  なる露光装置にセットし、ウェハ上に塗布されたレジストにマスクパターンを露光し、該マスクパターンに対応するウェハ上のレジストの状態を観察することにより、ウェハ上の実効的な露光量を測定する露光量測定方法であって、前記マスクパターンは周期  $p$  にて透光部と遮光部が繰り返されたパターンであり、かつ透光部と遮光部の割合に応じて透過率が異なる複数種類が同一マスクに形成され、前記周期  $p$  が、 $p / M \leq \lambda / (1 + \sigma) NA$  を満たすように設定され、特定のマスクパターンに対応する前記ウェハ上のレジストの膜厚に対応する物理量を測定する測定ステップと、この測定ステップで測定された物理量と予め設定された設定範囲値とを比較する比較ステップと、この比較ステップにおける比較の結果、前記測定ステップで測定された物理量が前記設定範囲値内の場合、予め求められた物理量と露光量との関係に基づいて、測定された物理量に対応する前記ウェハ

上の実効的な露光量を測定するステップと、この比較ステップにおける比較の結果、前記測定ステップで測定された物理量が前記設定範囲値外の場合、前記測定に用いたレジストに対応するマスクパターンと異なる種類のマスクパターンに対応するレジストの膜厚に応じた物理量を測定する再測定ステップと、この再測定ステップで測定された物理量が設定範囲値内の場合、予め求められた物理量と露光量との関係に基づいて、測定された物理量に対応する前記ウェハ上の実効的な露光量を測定するステップとを含むことを特徴とする。

【0012】本発明においては、前記再測定ステップにおいて、特定のマスクパターンに対応する前記ウェハ上の前記物理量が所定範囲値以上であった場合、測定されたレジストパターンに対応する特定のマスクパターンより透過率が高い種類のマスクパターンに対応するレジストの前記物理量を測定し、特定のマスクパターンに対応する前記ウェハ上の前記物理量が所定範囲値以下であった場合、測定されたレジストパターンに対応する特定のマスクパターンより透過率が低い種類のマスクパターンに対応するレジストの前記物理量を測定することが好ましい。

【0013】(3) 本発明(請求項4)に係わる露光量測定装置は、マスクパターンが形成されたマスクを、露光波長 $\lambda$ 、ウェハ側開口数NA、照明のコヒーレンスファクタ $\alpha$ 、ウェハ上のパターンに対するマスクパターンの倍率Mなる露光装置にセットし、ウェハ上に塗布されたレジストにマスクパターンを露光し、該マスクパターンに対応するウェハ上のレジストの状態を観察することにより、ウェハ上の実効的な露光量を測定する露光量測定装置であって、前記マスクパターンは周期 $p$ にて透光部と遮光部が繰り返されたパターンであり、かつ透光部と遮光部の割合に応じて透過率が異なる複数種類が同一マスクに形成され、前記周期 $p$ が、 $p/M \leq \lambda / (1 + \alpha) NA$ を満たすように設定され、前記マスクパターンに対応するウェハ上のレジストの膜厚に応じた物理量を測定する測定部と、この測定部により測定された物理量と、予め設定された設定範囲値とを比較する比較部と、この比較部の比較の結果、前記物理量が前記設定範囲値外の場合、前記測定部に、前記測定に用いたレジストに対応するマスクパターンと異なる種類のマスクパターンに対応するレジストの膜厚に応じた物理量を測定させる制御部と、前記測定部で測定された物理量が所定範囲値内の場合、予め求められた物理量と露光量との関係に基づいて、測定された物理量に対応する前記ウェハ上の実効的な露光量を算出する露光量算出部とを具備してなることを特徴とする。

【0014】本発明においては、前記制御部は、特定のマスクパターンに対応する前記ウェハ上の前記物理量が所定範囲値以上であった場合、測定されたレジストパターンに対応する特定のマスクパターンより透過率が高い

種類のマスクパターンに対応するレジストの前記物理量を測定させ、特定のマスクパターンに対応する前記ウェハ上の前記物理量が所定範囲値以下であった場合、測定されたレジストパターンに対応する特定のマスクパターンより透過率が高い種類のマスクパターンに対応するレジストの前記物理量を測定させることが好ましい。

【0015】【作用】本発明は、上記構成によって以下の作用・効果を有する。

【0016】本発明では、遮光領域に対する開口領域の面積比(開口比)が微妙に異なった複数の繰り返しパターンを含むマスクを投影露光装置で露光し、現像する。このとき、透光部と遮光部の繰り返し周期 $p$ を請求項1、2、4のように設定することにより、マスクパターンにおける回折光(1次以上の回折光)は投影レンズの瞳に入らず、直進光(0次回折光)のみが瞳に入るようになる。つまり、マスクパターンのピッチは解像限界以下となる。そして、マスクパターンが解像限界以下のピッチであると、そのパターンは解像されない。

【0017】このようなマスクパターンを用いてレジストを露光し、レジストの膜厚に応じた物理量を測定し、測定された物理量と、予め求められた前記レジストの膜厚に応じた物理量と露光量との関係に基づいて、露光量を連続的、且つ正確に測定することができる。

【0018】さらに、上記測定では露光量を困難な測定領域があるが、露光量を測定することが困難な測定領域では、透過率が異なるマスクパターンに対応したレジストの膜厚に応じた物理量を測定することによって、測定された物理量と、予め求められた物理量と露光光との関係に基づいて、露光量を連続的、且つ正確に測定することができる。

【0019】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を以下に図面を参照して説明する。

【0020】[第1の実施形態] 図1は、本発明の第1の実施形態に係わる露光量モニタパターンを含むマスク、並びにこのマスクを用いて形成されたレジストパターンの概略構成を示す図である。図1(a)はマスクの平面図、図1(b)はマスクの断面図、図1(c)はマスクを露光に用いて形成されたレジストパターンの断面図である。

【0021】図1において、101はマスク、102はマスク101に形成された露光量モニタパターン、103は透明基板、104はCr等の遮光膜、105は透光部、106はウェハ、107は露光量モニタパターン102に対応して形成されたレジストパターンである。

【0022】露光量モニタパターン102は、露光波長 $\lambda$ 、ウェハ側開口数NA、照明のコヒーレンスファクタ $\alpha$ 、ウェハ上のパターンに対するマスクパターンの倍率Mなる露光装置を想定した場合に、ピッチ $p$ にて遮光膜104と透光部105とが繰り返されたライン・アンド

・スペース・パターンであり、ピッチ  $p$  を、  
 $p/M \leq \lambda / (1 + \sigma) NA \dots (1)$   
 を満たすように設定されている。

【0023】露光量モニタマークの遮光膜104と透光部105との周期  $p$  を(1)式の条件に設定することにより、露光量モニタマークにおける回折光(1次以上の回折光)は投影レンズの瞳に入らず、直進光(0次回折光)のみが瞳に入るようになる点に着目した。上記条件を満たすことによって、モニタマークのパターンは解像限界以下となる。そして、露光量モニタマークのパターンが解像限界以下のピッチであると、そのパターンは解像されず、開口比に応じてウェハ面上に到達する露光量が異なったフラット露光となる。このため、露光装置の設定露光量が同じでも開口比に応じて実効的な露光量が変化する。この場合の露光量は、露光量モニタマークのパターンが解像しないため、フォーカス変動の影響を完全に取り除くことができる。

【0024】まず、上記のマスクを用いて条件出し露光を行った。Siウェハ106上には塗布型反射防止膜60nmをスピンドルコーティングし、さらに化学增幅系ポジ型レジストを厚さ0.4μmでスピンドルコーティングした。この後、100°C、90秒でプリベーク処理を行った。一連の処理は、露光装置に連結されたトラックで行った。

【0025】これらの処理が終了したウェハを露光装置に搬送し、上記マスクの露光を行った。投影光学系の縮小比は1/4、露光波長は248nm、NAは0.6、照明コヒーレンスファクタは0.75、輪帯遮蔽率 $\epsilon$ は0.67であった。露光装置の露光量設定値は3mJ/cm<sup>2</sup>から10mJ/cm<sup>2</sup>まで増加させて行った。露光が終了したウェハを再びトラックに搬送し、100°C、90秒でポストエクスposure(POST EXPOSURE)した後、0.21規定のアルカリ現像液にて60秒現像を行った。

【0026】このように処理されたウェハ106上のレジストパターン107の残膜を膜厚計で測定を行った。測定結果を図2に示す。図2に示すように、露光量の増加に対してレジストパターンの残膜は減少していることが分かる。

【0027】よって、図2に示す露光量と(1)式で設定されたマスクパターンをレジスト膜に露光して形成されたレジストパターンの膜厚との関係を予め求めておき、レジストパターンの膜厚を測定することによって、ウェハ上の実効的な露光量を測定することができる。

【0028】また、マスクパターンにおける透光部と遮光部の繰り返しピッチ  $p$  を(1)式のように設定し、マスクパターンを解像しないようにしているので、フォーカス変動の影響を完全に除去することができる。

【0029】【第2の実施形態】レジストが残る露光量範囲で、露光量モニタパターンに対応して形成されたレ

ジストパターン107の残膜量  $T$  を測定し、図2に示した変換カーブを用いて実効的な露光量  $d$  を把握するという手順で行う。しかし、露光装置の照度むら、PEBの温度むら、現像むらなどのプロセス変動が大きく、実効露光量変動が大きい場合には、一つの露光量モニタパターンに対応して形成されたレジストの残膜量では測定のレンジを超てしまい、測定できなくなる場合がある。例えば図2に示した変換カーブで考えると、プロセス変動によって実効露光量が4mJになってしまふと、レジストパターンはほとんど減膜しないことになり、実効露光量を測定することが困難であるという場合がある。

【0030】そこで、本実施形態では、この問題を回避し得る露光量測定方法とそれを用いた露光量測定装置について説明する。

【0031】図3は、本発明の第2の実施形態に係わる露光量モニタパターンを含むマスク、並びにこのマスクを用いて形成されたレジストパターンの概略構成を示す図である。図3(a)はマスクの平面図、図3(b)はマスクの断面図、図3(c)はマスクを露光に用いて形成されたレジストパターンの断面図である。図3において、図1と同一な部分には同一符号を付し、その詳細な説明を省略する。

【0032】図3に示すように、マスク101に形成された露光量モニタパターン102<sub>0</sub>～102<sub>3</sub>は、前述した(1)式を満たすピッチ  $p$  にて遮光膜104と透光部105とが繰り返されたかつ、遮光膜104と透光部105との割合が異なる複数種類のものである。各露光量モニタパターン102<sub>0</sub>～102<sub>3</sub>の透過率  $T_{r0}$ ～ $T_{r3}$  が異なる。

【0033】本実施形態では、遮光膜104と透光部105との割合が異なる複数種類の露光量モニタパターン102<sub>0</sub>～102<sub>3</sub>を露光してレジストパターン107<sub>0</sub>～107<sub>2</sub>を形成する。あるレジストパターン107の膜厚  $T$  を測定した場合に、露光量の測定が難しい場合に、一つ隣の露光量モニタパターンの露光により形成されたレジストパターンの膜厚を再測定し、透過率のデータをもとに、実効露光量の較正をする。

【0034】次に、本実施形態の露光量測定方法を図4、図5を参照して説明する。図4は、本発明の第2の実施形態に係わる露光量測定装置の概略構成を示すブロック図である。図5は、図4に示す露光量測定装置を用いた露光量測定方法を示すフローチャートである。図4に示す露光量測定装置の構成は、露光方法を説明しつつ説明する。

【0035】先ず、膜厚測定部402に、前述した露光量モニタパターン102<sub>0</sub>～102<sub>3</sub>を用いてレジストパターン107<sub>0</sub>～107<sub>2</sub>を形成した試料40をセットする。

【0036】試料400の形成条件について以下に説明する。Siウェハ上に塗布型反射防止膜60nmをスピ

ンコーティングし、さらに化学増幅系ポジ型レジストを厚さ  $0.4 \mu\text{m}$  でスピンドルコーティングした。この後、100°C、90秒でプリペーク処理を行った。一連の処理は、露光装置に連結されたトラックで行った。これらの処理が終了したウェハを露光装置に搬送し、上記マスクの露光を行った。投影光学系の縮小比は 1/4、露光波長は 248 nm、NA は 0.6、照明コヒーレンスファクタは 0.75、輪帯遮蔽率  $\epsilon$  は 0.67 であった。

【0037】次いで、各露光量モニタパターン 102。 $\sim 102_2$  の透過率及びレジストパターン 107。 $\sim 107_2$  座標  $D_1$ 、測定に用いるレジストパターン 107 の座標と、測定に用いるレジストパターンにおける露光量に対するレジスト膜残膜量値のグラフからなる変換カーブ  $D_3$  と、測定許容範囲値  $D_2$  とを入力する。ここでは、レジストパターン 107<sub>1</sub> を測定に用いる測定基準レジストパターンとして入力した。

【0038】次いで、設定された測定基準レジストパターン 107<sub>1</sub> の座標に応じて、膜厚測定制御部 401 は膜厚測定部 402 に測定基準レジストパターン 107<sub>1</sub> の膜厚を測定させる (ステップ S101)。次いで、比較部 403 は、測定された測定基準レジストパターン 107<sub>1</sub> の測定膜厚値  $D_4$  (ここでは測定基準レジストパターン 107<sub>1</sub> の膜厚  $T_1$  である) と測定許容範囲値  $D_2$  とを比較し、測定膜厚値  $D_4$  ( $T_1$ ) が許容範囲値  $D_2$  内にあるか判定する (ステップ S102)。

【0039】先ず、ステップ S102において、測定膜厚値  $D_4$  ( $T_1$ ) が許容範囲値  $D_2$  内にあると判定された場合を説明する。測定膜厚値  $D_4$  ( $T_1$ ) が許容範囲値  $D_2$  内にあると判定された場合、測定膜厚値  $D_4$  ( $T_1$ ) が測定基準レジストパターン 107<sub>1</sub> の測定値か判定する (ステップ S103)。ここでは、測定膜厚値  $D_4$  ( $T_1$ ) が測定基準レジストパターン 107<sub>1</sub> の測定値であるので、露光量算出部 404 は、測定膜厚値  $D_4$  ( $T_1$ ) と変換カーブ  $D_3$  から露光量  $D_5$  を算出し (ステップ S104)、算出された露光量を測定データとして保存する (ステップ S105)。

【0040】次に、ステップ S102において、測定膜厚値  $D_4$  が許容範囲値  $D_2$  内にないと判定された場合を説明する。ステップ S102において測定膜厚値  $D_4$  が許容範囲値  $D_2$  内にないと判定された場合、比較部 403 は、測定膜厚値  $D_4$  と測定許容範囲値  $D_2$  とを比較して測定膜厚値  $D_4$  が許容範囲値  $D_2$  以上であるかを判定する (ステップ S106)。

【0041】ステップ S106において、測定膜厚値  $D_4$  が許容範囲値  $D_2$  以上であると判定された場合、比較部 403 は膜厚測定制御部 401 に対して透過率が高い露光量モニタマスクパターンで形成されたレジストパターンの膜厚の再測定を行うよう指示する。そして、膜厚測定制御部 401 は、透過率及び座標データ  $D_1$  を読み出し、膜厚測定部 402 に前に測定された露光量モニタバ

10

20

30

40

50

ターンより透過率が高い露光量モニタパターンで形成されたレジストパターンの膜厚を測定させる (ステップ S107)。膜厚測定制御部 401 は、レジストパターンの再膜厚測定を行うと共に、露光量モニタパターンの透過率を比較部 403 に伝達する。そして、この再測定を、測定膜厚が測定許容範囲値内になるまで順次繰り返す。

【0042】また、ステップ S106において、測定膜厚値  $D_4$  が許容範囲値  $D_2$  以上でないと判定された場合、比較部 403 は膜厚測定制御部 401 に対して透過率が低い露光量モニタパターンで形成されたレジストパターンの再膜厚測定を行うよう指示する。そして、膜厚測定制御部 401 は、透過率及び座標データ  $D_1$  を読み出し、膜厚測定部 402 に前に測定された露光量モニタパターンより透過率が低い露光量モニタパターンで形成されたレジストパターンの膜厚を測定させる (ステップ S108)。膜厚測定制御部 401 は、レジストパターンの再膜厚測定を行うと共に、露光量モニタパターンの透過率を比較部 403 に伝達する。そして、この再測定を、測定膜厚が測定許容範囲値内になるまで順次繰り返す。

【0043】次いで、レジストパターンの再膜厚測定を行い測定膜厚値  $D_4$  が許容範囲値  $D_2$  内になると、測定膜厚値  $D_4$  が測定基準レジストパターンのものであるか判定する (ステップ S103)。

【0044】以下では、測定基準レジストパターン 107<sub>1</sub> の代わりにレジストパターン 107<sub>2</sub> の膜厚を測定し、測定膜厚  $T_2$  が測定許容範囲値  $D_2$  内であり、測定膜厚値  $D_4$  が測定基準レジストパターン 107<sub>1</sub> のものではない場合を説明する。

【0045】測定膜厚値  $D_4$  が測定基準レジストパターン 107<sub>1</sub> のものではないと判定されると、変換カーブ  $D_3$  を用いて測定膜厚値  $D_4$  ( $T_2$ ) に対応する実効露光量  $d_2$  を求める (ステップ S109)。さらに、測定基準レジストパターン 107<sub>1</sub> に対応した露光量モニタパターン 102<sub>1</sub> の透過率  $T_{r1}$  とレジストパターン 107<sub>2</sub> に対応した露光量モニタパターン 102<sub>2</sub> の透過率  $T_{r2}$  との比から、実効露光量  $d_1$  を、

$$d_1 = d_2 \times T_{r1} / T_{r2} \quad (2)$$

から算出する (ステップ S110)。そして、算出された露光量を測定データとして保存する。

【0046】ここでは、測定膜厚値  $D_4$  が測定基準レジストパターンのものではない。従って、測定膜厚値  $D_4$  と変換カーブ  $D_3$  から直ちに露光量を求めることができない。測定基準レジストパターン 107<sub>1</sub> とレジストパターン 107<sub>2</sub> とでは、透過率以外の露光条件及び現像条件が同じなので、レジストパターン 107<sub>2</sub> の変換カーブは測定基準レジストパターン 107<sub>1</sub> の変換カーブ  $D_3$  を水平移動したものとなる。従って、変換カーブ  $D_3$  から測定膜厚  $T_2$  に対応する実効露光量  $d_2$  を求

め、この実効露光量  $d_2$  に、露光量モニタパターン 102<sub>1</sub> の透過率  $T_{r_1}$  と露光量モニタパターン 102<sub>1</sub> の透過率  $T_{r_2}$  との比を乗算することによって、露光量モニタパターン 102<sub>1</sub> における実効露光量  $d_1$  を算出することができる。

【0047】以上の構成により、露光量の変動に対してレジストパターン膜厚変動が少ない場合でも、精度良く露光量を算出することができる。

【0048】次いで、露光装置の設定露光量を  $7.5 \text{ mJ/cm}^2$  に設定した以外は、前述した露光条件及び現像条件と同一な条件で、ウェハ上にレジストパターンを形成した後、注目するレジストパターンの残膜量をウェハ全面について測定した。

【0049】図 6 (a) は第 1 の実施形態に示した方法により、特定のフロックをウェハ全面について測定した結果である。露光装置の設定露光量は  $7.5 \text{ mJ/cm}^2$  であったにもかかわらず、PEB、現像、レジスト膜厚などのウェハ面内ばらつきによって、実効的な露光量がばらついていることがわかる。図で、中央付近は、上記変動要因のうちのどれかが大きく変動したがために実効露光量が大幅に低下し、被測定パラメーターであるレジストが減膜している。つまり、測定レンジを超えた実効露光量変動が生じているために、実効露光量変動の値が大きくなっている。

【0050】そこで、膜厚が異常である部分に対して、ひとつ隣の露光量モニタパターンを再測定し、変換カーブを用いて実効露光量を求めた後、透過率の比を使って較正した。その結果、図 6 (b) に示すように、実効露光量変動が極端に大きい部分がなくなり、データの信頼性を上げることができた。

【0051】なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。レジストパターンの膜厚に応じて反射強度が変化するので、予めレジストパターンからの反射光強度と露光量との関係を求めておき、レジストパターンからの反射強度から露光量を求めることができる。また、露光量モニタパターンは、ライン・アンド・スペース・パターン以外にも、繰り返しのホールパターン、又は菱形の繰り返しパターンを用いることができる。その他、本発明は、その要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【0052】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、透

光部と遮光部の繰り返しピッチ  $p$  を前述した範囲に設定し、透光部と遮光部の割合が異なる複数種類のマスクパターンをウェハ上に露光し、各マスクパターンに対応するウェハ上のレジストの物理量を測定することによって、フォーカス変動の影響を受けることなく、露光量を連続的、且つ正確に測定することができる。

【0053】露光量を測定することが困難な測定領域では、透過率が異なるマスクパターンに対応したレジストの膜厚に応じた物理量を測定することによって、測定された物理量と、予め求められた物理量と露光量との関係とに基づいて、露光量を連続的、且つ正確に測定することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】第 1 の実施形態に係わる露光量モニタパターンを含むマスク、並びにこのマスクを用いて形成されたレジストパターンの概略構成を示す図。

【図 2】レジストパターンの膜厚と露光量との関係を示す特性図。

【図 3】第 2 の実施形態に係わる露光量モニタパターンを含むマスク、並びにこのマスクを用いて形成されたレジストパターンの概略構成を示す図。

【図 4】第 2 の実施形態に係わる露光量測定装置の概略構成を示すブロック図。

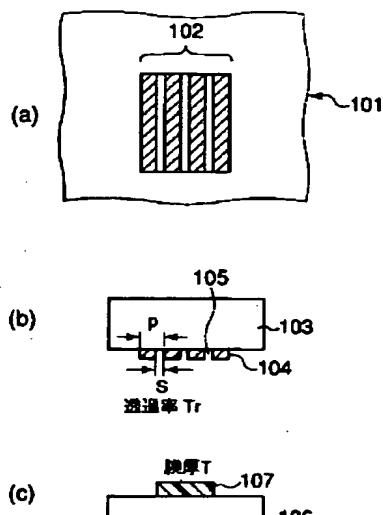
【図 5】図 4 に示す露光量測定装置を用いた露光量測定方法を示すフローチャート。

【図 6】図 6 (a) は第 1 の実施形態に示した方法で測定したウェハ面内の実効露光量変動を示す図、図 6 (b) は第 2 の実施形態に示した方法で測定したウェハ面内の実効露光量変動を示す図。

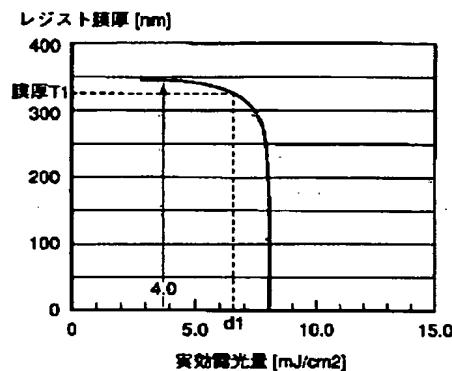
#### 【符号の説明】

- 101 …マスク
- 102 …露光量モニタパターン
- 104 …遮光膜
- 105 …透光部
- 106 …ウェハ
- 107 …レジストパターン
- 400 …試料
- 401 …膜厚測定制御部
- 402 …膜厚測定部
- 403 …比較部
- 404 …露光量算出部

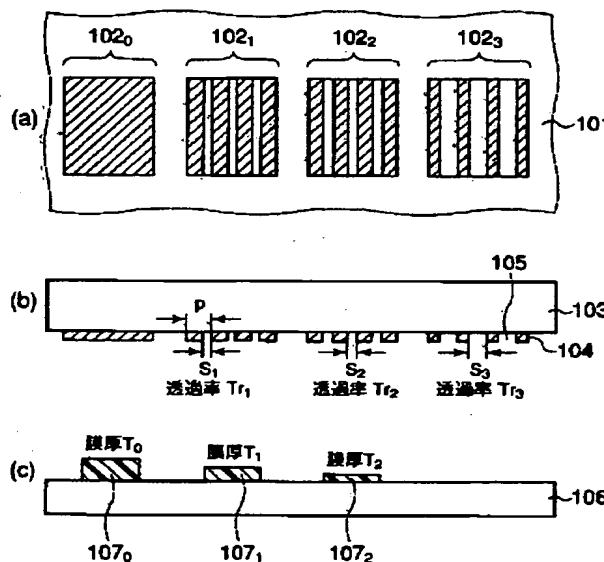
【図1】



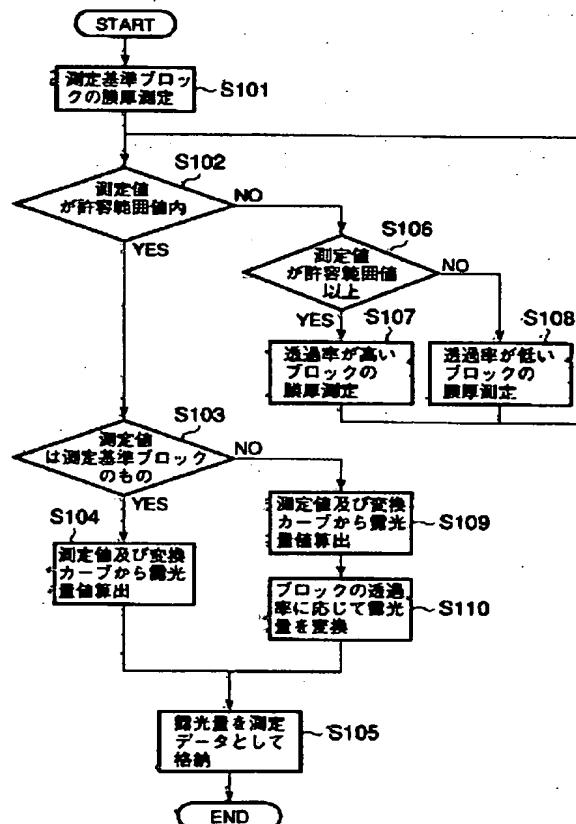
【図2】



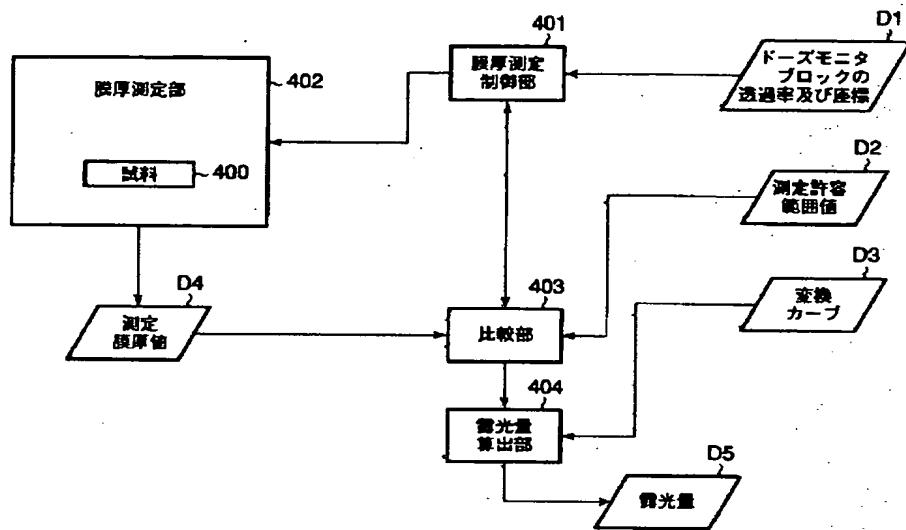
【図3】



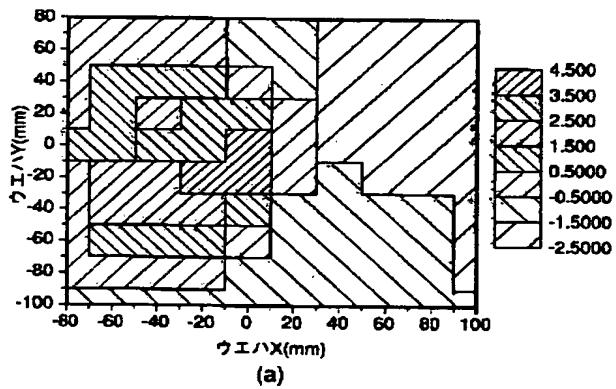
【図5】



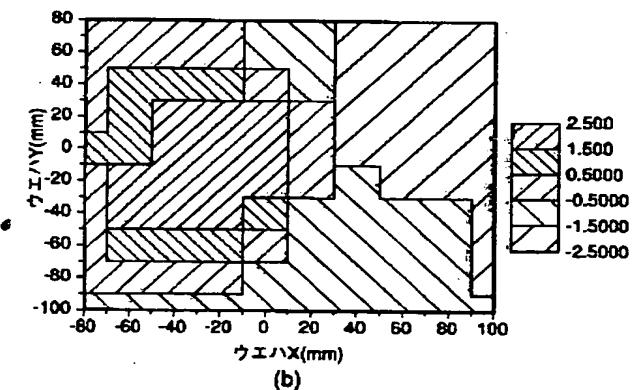
【図4】



【図6】



(a)



(b)